

## 超音波法による強度推定ワークシートの使用方法について

### 1. はじめに

#### 1.1. 適用範囲

本書は「超音波試験（土研法）による新設の構造体コンクリート強度測定要領（案）（H20修正）」（以下「H20 修正版」という）を補完するものです。

#### 1.2. 適用範囲および免責

このワークシートは Microsoft Excel 2003 のマクロ機能によりコンクリートの強度を推定するワークシートです（以下「シート」という）。その他の環境での動作は保証しかねます。またこのシートを使用する場合、使用者の自己責任により使用するものとし、その結果生じた、いかなる損害等について責任を負わないものとします。

#### 1.3. H20 修正版の主な修正点

##### 1.3.1 強度推定式を作成するには水中養生した円柱供試体を用いる

強度推定式を求めるための円柱供試体の養生は、これまで封かん養生したものをを用いることにしていました。以下の理由から、水中養生したものをを用いることにしました。そのための補正をおこなっています（H20 修正版の 9.）。2.6 に補正の内容を記しました。ただし、封かん養生した円柱供試体にも対応しています。

<水中養生に変更した理由>

- ① 一般の現場において、適切に封かん養生されないおそれがある。
- ② 封かん養生すると、水中養生の場合よりも強度、音速は低下するため、構造体コンクリートの音速測定結果は、強度推定式の範囲より大きくなるケースが多くなり、強度推定を行う場合、外捜とならざるを得ず、強度推定精度が低下する可能性がある。特に長期材齢で強度推定を行う場合に問題となりやすい。

##### 1.3.2 時間補正值

ゼロ調整を行った場合と、行わなかった場合についての補正值のセルを構造体、円柱の時間測定にそれぞれ設けました。

### 2. 使用方法

#### 2.1. 基本細則

シート内の着色されたセルについては以下のとおり分類されています。

- ・ 緑 — 測定データなど使用者において入力する項目
- ・ 黄 — Excel 内にて計算式が設定されており、自動的に算出される項目
- ・ 赤 — 最終的に使用するコンクリートの内部音速および推定強度

## 2.2. コンクリートの材齢係数

「H20 修正版」4.円柱供試体による強度と音速の求め方に従い、強度推定を行うための強度推定式を求めるため、別途作製した円柱供試体の材齢毎の強度と音速のデータを回帰する必要があります。シートのコンクリート強度データの欄(写真-1)に、作製した円柱供試体の打設日(セル E41)、試験回数(セル L41)、時間補正值(セル Q41)、試験日(セル B44~53)、円柱長(セル F44~H53)、強度(セル J44~L53)、超音波の伝搬時間(セル N44~P53)を入力します。

注) 時間補正值は、ゼロ調を行なった場合は"0"、行なわない場合は探触子の振動子間の伝搬時間を入力してください。

試験回数(セル L41)は必ず入力してください。入力された試験回数迄のデータから材齢係数を算出します(写真-1)。強度データは1回の強度試験について3本の円柱供試体を想定しています。3本以下の場合でも計算は可能です。3本以上の場合は、別途計算する等して表示される平均値が、試験結果と等しくなるように入力してください。

また強度の推定にあたり、任意の材齢の強度を推定したい場合は、セル P39 に推定したい材齢を入力して下さい(単位:日)。

データの入力が完了したら"材齢係数算出"ボタンをクリックしてください。強度推定に必要な係数 a, b, K1, K2 等 (セル A56~E60) が算出されます。

D04		E0																					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V		
36																							
37	除外データ番号			備考																			
38																							
39																							
40	コンクリート強度データ																						
41	打設日	2006.12.24			円柱試験回数	0			時間補正值(μs)	-133													
42	No.	試験日	材齢(日)	円柱長(mm)			強度(N/mm <sup>2</sup> )			伝搬時間(μs)			伝搬速度(m/s)										
43				1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均				
44	1	2006.12.27	3	200.77	200.77	200.46	200.68	32.30	32.72	32.65	32.56	57.4	57.7	57.9	57.3	4953	4952	4956	4954				
45	2	2006.12.31	7	199.25	199.11	198.84	199.07	50.44	50.29	49.03	50.10	54.0	54.3	53.6	4855	4856	4834	4844					
46	3	2006.1.10	17	251.54	249.20	250.56	250.57	52.71	54.31	52.13	53.05	64.7	64.4	64.6	4902	4877	4885	4891					
47	4	2006.1.20	27	249.42	250.56	249.25	249.75	57.19	55.03	58.85	57.49	64.7	63.2	64.1	4910	4952	4900	4937					
48	5	2006.3.24	60	249.31	249.72	248.64	249.22	62.89	63.57	62.07	62.84	63.9	62.8	62.7	4927	5045	5033	5034					
49	6	2006.7.7	185	200.30	200.55	200.76	200.54	58.61	58.20	59.00	58.79	58.2	58.2	58.4	5000	5026	5007	5011					
50	7		-38710				0.00				0.00												
51	8		-38710				0.00				0.00												
52	9		-38710				0.00				0.00												
53	10		-38710				0.00				0.00												
54																							
55	材齢係数		強度推定係数																				
56	a	26.5281586	23	0.073745271																			
57	b	61.9045077	32	0.001341546																			
58	r	0.91401521	r	0.904113913																			
59	α	2.15674436																					
60	β	0.827297342																					
61																							
62		$f_{est}$	57.21014200	N/mm <sup>2</sup> (推定材齢時強度円柱)																			
63			0	対比入養生ならば0%、水中養生ならば1%代入																			
64		$f_{est}$	57.21014200	N/mm <sup>2</sup> (推定材齢時強度実測値)																			
65																							

写真-1 材齢係数算出結果(例)

### 2.3. 超音波測定結果の入力

構造体コンクリート強度を推定するにあたり、構造体の超音波伝搬時間測定を実施した実施日(セル D1)、測定箇所のコンクリートの打設日(セル J1)および工事名(任意)(セル D2)を入力します。また、時間補正值(セル P1)を入力します(写真- 2)。

注) 時間補正值は、ゼロ調を行なった場合は" 0"、行なわない場合は探触子の発信子間の伝搬時間を入力してください。

H20 修正版 5. 構造体コンクリートの超音波伝搬時間の測定方法に従い、測定した超音波の探触子間隔(セル B4~17)、伝搬時間(セル D4~17)を入力します。伝搬時間の横に示されるグラフ(測定データ)がほぼ直線になる事を確かめてください。

伝搬時間の測定とデータ入力とは並行して行って下さい。探触子間隔の取り違い等のミスがあると、シート上に図示される伝搬時間と探触子間隔の関係が直線関係にならず、誤測定を防止する事が出来ます。また内部に空隙などがあると、伝搬時間と探触子間隔の関係が直線関係にならない場合があります。その場合は、測定位置を変更する等して対応してください。

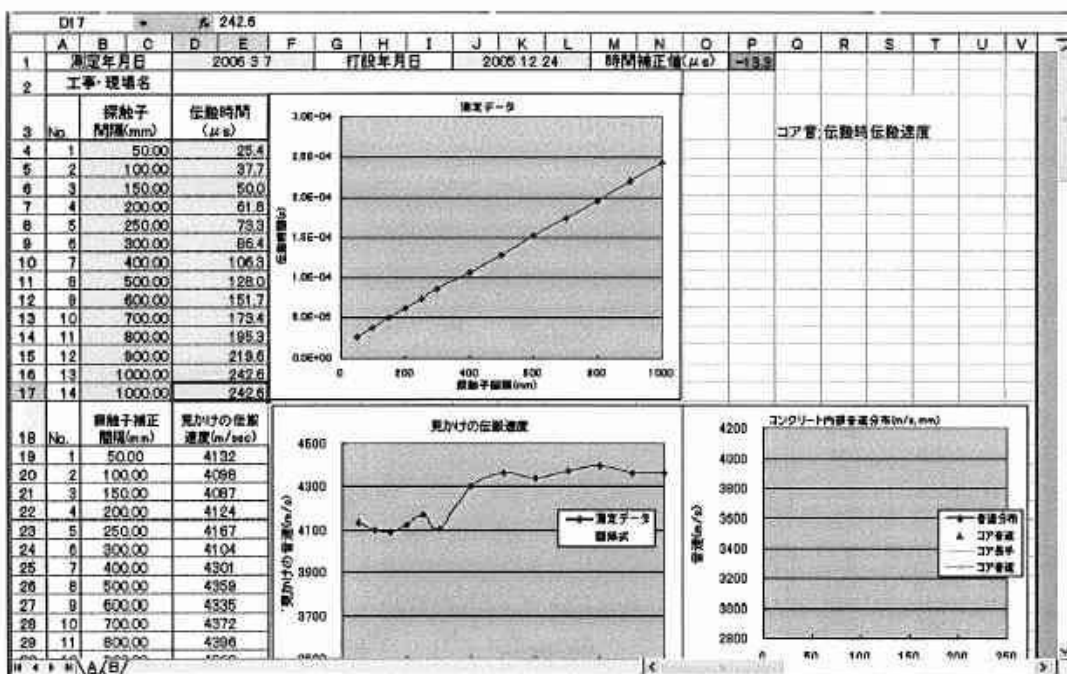


写真- 2 測定結果入力例

## 2.4. 解析(写真-3)

### 2.4.1 構造体コンクリートの伝搬時間の入力

「H20 修正版」資料 2. に従い補正係数  $x_0$  (セル B33),  $\alpha$  (セル F33) を入力してください。  
(東横エルメス社製エルソニックの  $\Phi 20\text{mm}$ , 周波数 28kHz の探触子では  $x_0=8\text{mm}$ ,  $\alpha=0.03$ )

探触子間隔の補正值(セル B19~B32)とコンクリートの見かけ伝搬速度(D19~D32)が自動的に計算され、グラフに探触子補正間隔と音速の関係が図示されます(見かけの伝搬速度)。このグラフの音速の上昇率が変化する点を見極め(2.4.2 表層伝搬領域データ判別の例参照)、表層伝搬領域データの欄(セル D36)に変化点のデータ番号(例では No.8, 探触子間隔 500mm の点)を入力してください。

また他のデータと明らかに異なる音速データを示すデータ番号(例では No.1)を除外データ番号(セル A38~I38)に入力して下さい。殆どの場合は、探触子間隔が最も狭い(50mm)箇所の測定データは除外データとなりますが、それ以外のデータを除外する事はほとんどありません(2.4.3 データ棄却の例参照)。

上記のデータが入力された後、「音速分布解析」のボタンをクリックして下さい。しばらくすると「解析が終了しました」とメッセージとともに、コンクリートの内部音速分布(コンクリート内部音速分布)がグラフ化されます。

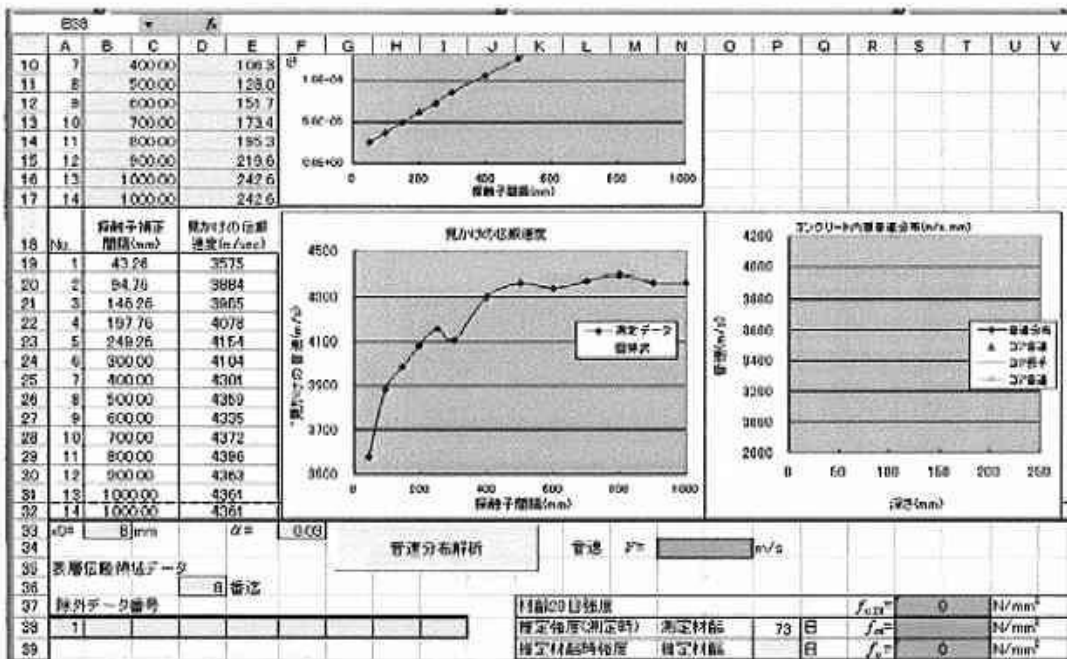


写真-3 表層伝搬領域データの例

### 2.4.2 表層伝搬領域データ判別の例

#### (a) 一般的な場合

殆どの場合、H20 修正版の原理のとおり、探触子間隔が狭いときは音速が遅く、ある距離からほぼ一定あるいは多少の傾きを持つ直線状となります。このことから、図-1 に例示するように見かけの音速の傾きがある点を境に異なる形状を示します。この点を表層伝搬領域データとして入力します。

音速は探触子間隔が広がっても一定値に漸近せずに増加する場合もよく観測されます(図-2)。その場合は、探触子間隔が狭い箇所で観測された見かけの音速の接線と、探触子間隔が広い箇所で観測された接線との交点に最も近い点を表層伝搬領域データとして入力します。

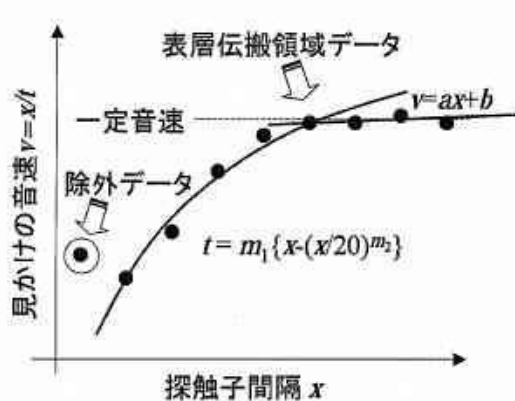


図-1 探触子間隔と音速の関係 1

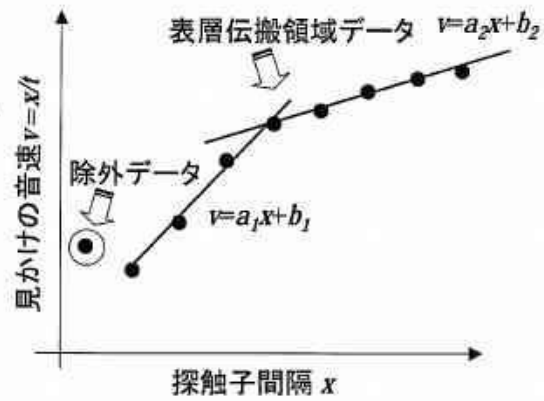


図-2 探触子間隔と音速の関係 2

一部の高強度のコンクリートでは、見かけの音速が徐々に増加せず、探触子間隔が比較的狭い箇所からほぼ一定の音速を示す場合があります(図-3)。この場合、除外データを除いた表層伝搬領域データが少なくとも3点以上取れるように、表層伝搬領域データを設定して下さい。

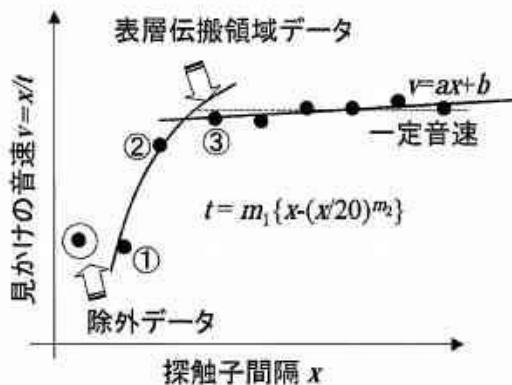


図-3 探触子間隔と音速の関係 3

(b) 初期材齢と長期材齢

測定材齢が初期と長期で表層伝搬領域の判別は異なります。

表層はしだいに乾燥しますが、材齢とともに内部は徐々に水和反応が進行し、強度も増進します。そのため図-4のように、初期材齢の場合（図-4の上）、探触子間隔の近い大きな変化位置を選定しますが、長期材齢の場合（図-4の下）は遠いわずかな変化位置を選定してください。

初期材齢は、これまでの実験の結果、4~6週程度です。それ以後は、しだいに遠くの変化点を選定するようにしてください。

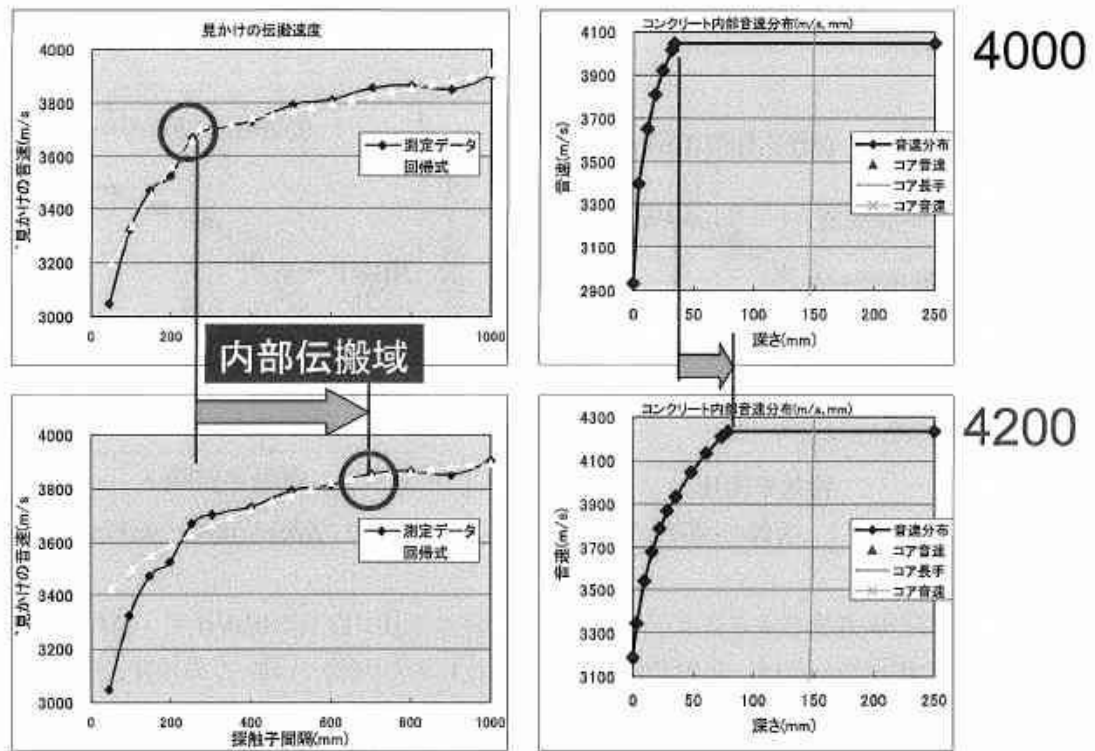


図-4 材齢の違いと表層伝搬領域

(c) 特殊な場合

図-5 のように見かけの音速の増加後、下がる場合があります。このような場合はピークを選定してください。

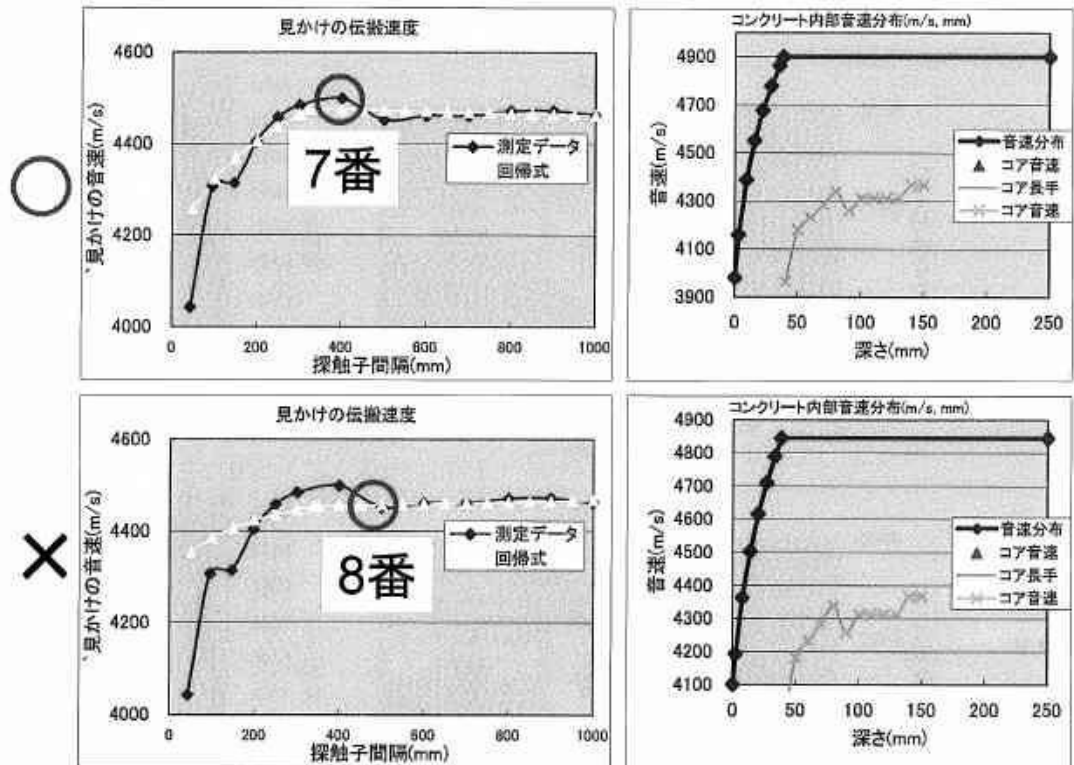


図-5 特殊な場合

#### 2.4.3 データ棄却の例

探触子間隔が狭い場合、超音波がコンクリート内部を伝搬しないと考えられ、他のデータと異なる結果を示す場合が多く、除外して下さい。また明らかに他と異なる傾向を示すデータは、コンクリート内の空隙や、異物によるものと思われるので、除外データとして扱って下さい。

ただし、ちょっとした変化で除外すると、結果の大きな影響を与える場合もあります。図-6の下は、2番と3番がほぼ同じになっているため、3番を除外した例です。除外しなかった上の結果と、内部一定音速が70~80m/sも違ってきます。この程度では、どちらの測定結果が問題か、あるいは両方の測定結果に問題があるのかわかりません。除外せず平均的な結果を得ておく方が無難です。

除外するのは、あくまでも前後の測定結果とかなり違って原因がわからない場合に限定して下さい。

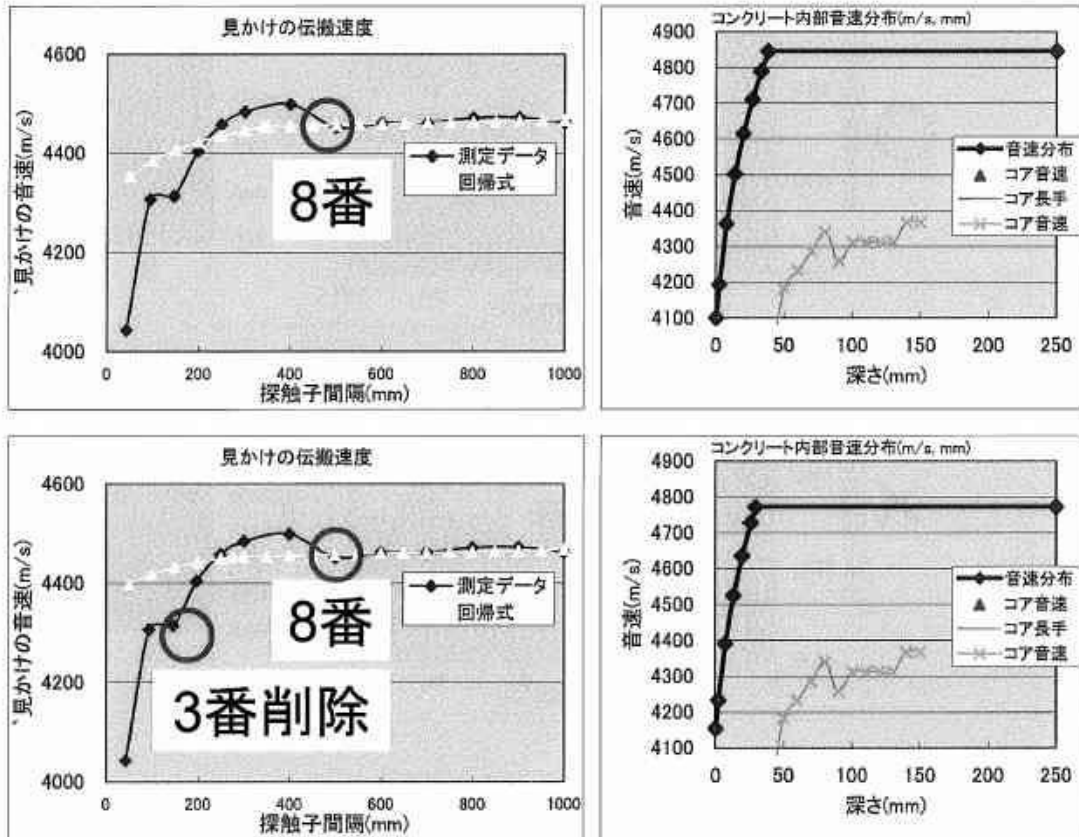


図-6 除外データの判断



## 2.5. 結果表示 1(写真-4)

2.4.1 のとおりデータの入力終了後、"音速分布解析"のボタンをクリックすると、しばらくして"解析が終了しました"とメッセージとともに、写真-4のようにコンクリートの内部音速分布(コンクリート内部音速分布)がグラフ化されます。

また、コンクリートの内部音速の解析結果(セル N34)、材齢 28 日での推定強度(セル S37)と、超音波測定時の推定強度(セル S38)が赤いセルに表示されます。測定時の材齢がセル P38 に表示されます。

任意材齢の強度を推定するため、セル P39 にその材齢を代入しておく(この例では 365 日)、その材齢時の推定強度もセル S39 に表示されます。

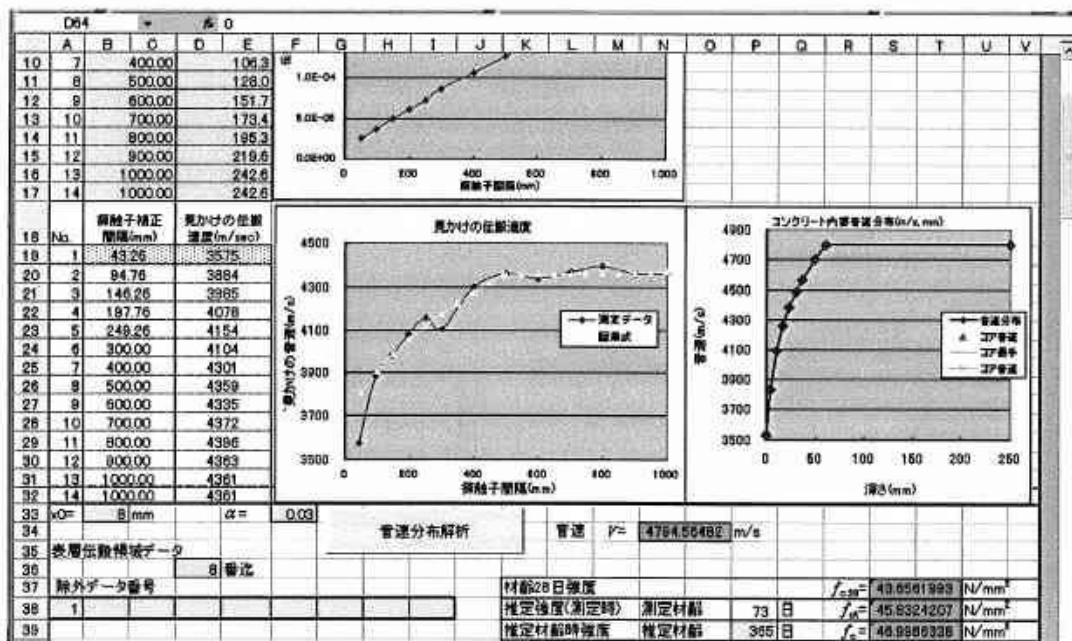


写真-4 推定結果例1

2.6. 結果表示 2(写真-5)

2.5 の 28 日強度 (セル S37) をもとに、封かん養生または水中養生の円柱供試体の推定材齢強度をもちいて、最終的な実構造物の推定材齢時強度(セル D65)が算出されます。

封かん養生の結果を用いている場合、セル D64 に"0"を入れると、セル D65 に構造体コンクリート強度の推定値 (セル S37 と同じ値) を表示します。

水中養生の結果を用いた場合、セル D64 に"1"を入れてください。セル D65 に封かん養生の場合に補正された 28 日強度 (構造体コンクリート強度) が表示されます。

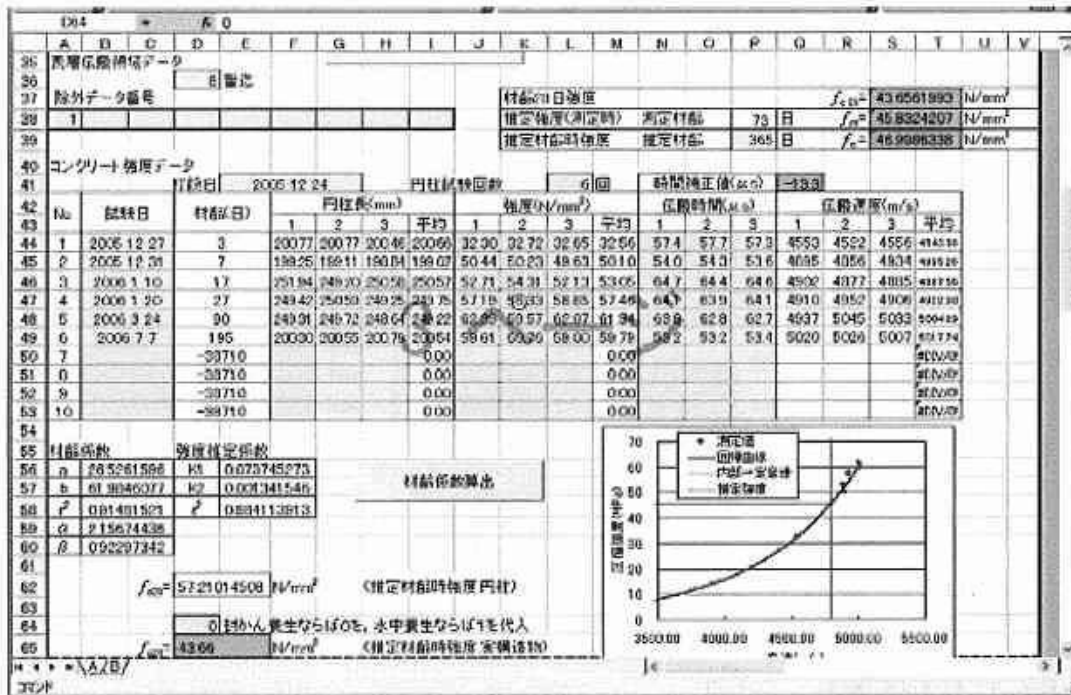


写真-5 推定結果例 2